

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-145051

(43) 公開日 平成11年(1999) 5月28日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>  
H 0 1 L 21/027  
G 0 3 F 7/20

識別記号  
5 2 1

F I  
H 0 1 L 21/30 5 0 5  
G 0 3 F 7/20 5 2 1  
H 0 1 L 21/30 5 2 7

審査請求 未請求 請求項の数16 F D (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平9-322231

(22) 出願日 平成9年(1997)11月7日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 黒田 亮

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社

(72) 発明者 島田 康弘

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社

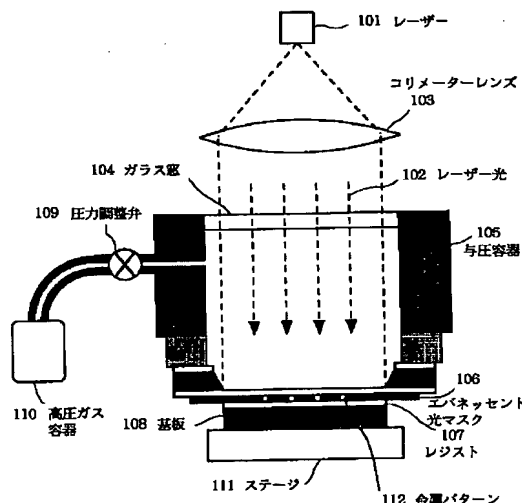
(74) 代理人 弁理士 高梨 幸雄

(54) 【発明の名称】 露光方法及び露光装置

(57) 【要約】

【課題】 エバネッセント光を用いた露光で100nm以下の解像力を達成する露光方法及び露光装置を実現すること。

【解決手段】 表面に幅が100nm以下の開口からなる微小開口パターンを有し、且つ弾性体で構成されてマスク面の法線方向に弾性変形可能なマスクを用いて、該マスク表面に対向して配置した非露光物に該微小開口パターンの露光・転写を行なうことを特徴とする露光方法及び露光装置。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 弾性体で構成され、表側の面に 100 nm 以下の幅の微小開口パターンを有するマスクを用いて被露光物にパターンを露光転写する露光装置において、該マスクを弾性変形させて前記被露光物に密着させる手段と、該マスクの裏面側から光を照射することを特徴とする露光装置。

【請求項 2】 前記密着手段が該マスクの裏面側が該マスクの表面側より高い圧力とすることを特徴とする請求項 1 記載の露光装置。

【請求項 3】 前記密着手段が前記圧力を調整可能とすることを特徴とする請求項 2 記載の露光装置。

【請求項 4】 前記密着手段が該マスクの裏面側に設けられた与圧容器であることを特徴とする請求項 3 記載の露光装置。

【請求項 5】 前記密着手段が該マスクの表面側と前記被露光物側に設けられた減圧容器であることを特徴とする請求項 3 記載の露光装置。

【請求項 6】 前記密着手段が該マスクと前記被露光物の間に設けられた電圧印加手段であることを特徴とする請求項 1 記載の露光装置。

【請求項 7】 前記密着手段が前記電圧を調整可能とすることを特徴とする請求項 6 記載の露光装置。

【請求項 8】 0.1~100 μm の基板厚を持ち、該基板上に 10~100 nm 厚の金属薄膜が形成され、該金属薄膜上に 10~100 nm 以下の幅の微小パターンが形成されていることを特徴とするマスク。

【請求項 9】 該基板が Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> または SiO<sub>2</sub> であることを特徴とする請求項 8 記載のマスク。

【請求項 10】 前記微小パターンが露光光の線幅以下であることを特徴とする請求項 8 記載のマスク。

【請求項 11】 弾性体で構成され、表側の面に 100 nm 以下の幅の微小開口パターンを有するマスクを用いて被露光物にパターンを露光転写する露光方法において、該マスクを弾性変形させて前記被露光物に密着させた後、該マスクの裏面側から光を照射することを特徴とする露光方法。

【請求項 12】 該マスクと前記被露光物を密着させる力を調整可能とすることを特徴とする請求項 11 記載の露光方法。

【請求項 13】 前記密着させる力が圧力であることを特徴とする請求項 12 記載の露光方法。

【請求項 14】 前記密着させる力が静電力であることを特徴とする請求項 12 記載の露光方法。

【請求項 15】 請求項 8 のマスクを用いて表面にラングミュアー・プロジェクト法で形成されたレジストを露光することを特徴とする露光方法。

【請求項 16】 請求項 8 のマスクを用いて表面に自己配向単分子膜形成法で形成されたレジストを露光することを特徴とする露光方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は微細加工を行なう露光方法及び露光装置に関し、特に線幅 100 nm 以下のパターンの微細加工を行なう際に好適な露光方法及び露光装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 半導体メモリの大容量化や CPU プロセッサの高速化・大集積化の発展とともに、光リソグラフィのさらなる微細化は必要不可欠となっている。一般に光リソグラフィ装置における微細加工の限界は用いる光の波長程度である。光リソグラフィ装置ではこのため短波長化が進み、現在では近紫外線レーザーが用いられ、0.1 μm 前後の微細加工が可能となっている。

【0003】 このように光リソグラフィでは微細化が進んでいるが、0.1 μm 以下の微細加工を行なうには、レーザーのさらなる短波長化、さらにその波長域でのレンズ開発等、解決しなければならない課題が多い。

【0004】 一方、光によって 0.1 μm 以下の微細加工を可能にする手段として、近接場光学顕微鏡（以下 SNOM と略す）の構成を用いた微細加工装置が提案されている。これは例えば 100 nm 以下の大きさの微小開口からしみ出すエバネッセント光を用いてレジストに光の波長限界を越える局所的な露光を行なう装置である。しかしながらこれらの SNOM 構成のリソグラフィ装置ではいずれも 1 本あるいは数本の加工プローブで一筆書きのように微細加工を行なう構成のため、スループットが向上しないという問題点を有していた。

【0005】 これを解決する方法として特開平 08-179493 号公報に見られるように、光マスクに対してプリズムを設けて全反射となる角度で光を入射させ、全反射面からしみ出すエバネッセント光を用いて光マスクのパターンをレジストに一括転写するという提案がなされている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 上記特開平 08-179493 号公報に記載のプリズムを用いたエバネッセント光による一括露光装置では、プリズム・マスクとレジスト面との間隔を 100 nm 以下に設定することが必須である。しかしながら実際にはプリズム・マスク面全面に渡ってレジスト面との間隔を 100 nm 以下にすることはプリズム・マスクや基板の面精度の限界から困難である。またプリズム・マスクと基板の位置合わせに少しでも傾きがあると、やはりプリズム・マスク面全面にわたってレジスト面との間隔を 100 nm 以下に設定することが困難となる。

【0007】 この様な間隔の不均一性は露光パターンのむらや、プリズム・マスクによるレジストの部分的に押しつぶすという問題を生じさせていた。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明のエバネッセント光を用いた露光方法及び露光装置では表側の面に幅が100nm以下の開口からなる微小開口パターンを有し、且つ弾性体で構成されてマスク面の法線方向に弾性変形可能なマスクを用いることにより、該マスクの表側の面に対向して配置した被露光物に該微小開口パターンの露光・転写を行なうことを特徴としている。さらに本発明の露光方法及び露光装置では該微小開口からしみ出すエバネッセント光による微細加工を行なうため、該マスクを弾性変形させて非露光物

に密着させる手段を有するとともに、該マスク裏面から光を照射する手段を有することとを特徴としている。前記密着手段は該マスクの表側の面側に比べ、裏面側が高い圧力となるような圧力差を設ける手段を有し、該圧力によりマスクが弾性変形し、マスクと被露光物を密着させることを特徴としている。

【0009】また、本発明のエバネッセント光を用いた露光方法及び露光装置の別の例では前記密着手段にマスクと被露光物の間に静電力を発生させる手段を有し、該静電力によりマスクを弾性変形させ、マスクと被露光物を密着させることを特徴としている。

【0010】

【発明の実施の形態】図1は本発明のエバネッセント光を用いた露光装置の実施例1の構成を表わすものである。同図において106は露光用のマスクとして用いるエバネッセント光マスク、108は被加工用の基板108である。図1の下側はエバネッセント光マスク106の表側の面で、与圧容器105の外側に、上側にある裏面は与圧容器105の内側に面するように配置されている。与圧容器105は圧力調節弁109を通して高圧ガス容器110に接続され、与圧容器105内の圧力を調整することができるようになっている。

【0011】被露光物の基板108は表面にレジスト107が塗布され、ステージ111上に取り付けられている。基板108は、次いで、ステージ111の駆動でエバネッセント光マスク106に対し2次元的に相対位置合わせされる。相対位置合わせが完了すると、エバネッセント光マスク106の表側の面と基板108上のレジスト107面の間隔が全面にわたって100nm以下となって密着するよう、基板108がマスク面の法線方向にステージ駆動される。

【0012】両者の密着後、コリメーターレンズ103で平行光にされた露光用レーザー101から出射のレーザー光102が、ガラス窓104を通して与圧容器105内に導入される。導入された光は与圧容器105内に配置されたエバネッセント光マスク106を裏面側、即ち上側から照射し、エバネッセント光マスク106の表側の面上に配された金属パターン112からしみ出すエバネッセント光がレジスト107の露光を行なう。

【0013】ここで図4を用いてエバネッセント光によ

る露光の原理を説明する。同図においてマスク母材に入射したレーザー光402は金属パターン403により形成された微小開口404を照射する。微小開口404の大きさ(幅)は、レーザー光402の波長に比べて小さく、100nm以下のものである。

【0014】通常、波長より小さい大きさの開口を光は透過しない。しかしながら、開口の近傍にはエバネッセント光405と呼ばれる光がわずかにしみだしている。エバネッセント光は開口から約100nmの距離以下近傍にのみ存在する非伝播光で、開口から離れるとその強度が急激に減少する。エバネッセント光405がしみ出している微小開口404に対してレジストが塗布されている基板407を近づけると、エバネッセント光405がレジスト406中で散乱し、レジスト406を露光するのである。

【0015】レジスト406の膜厚が充分薄ければレジスト406中のエバネッセント光の散乱もあまり広がらず、レーザー光402の波長より小さい大きさの微小開口404に応じた微小パターンをレジスト406に露光・転写することができる。

【0016】エバネッセント光による露光を行なった後は通常のプロセスで基板407の加工を行なう。例えばレジスト現像後、エッチングを行なえば、基板407に微小開口404に応じた微小パターンを形成することができる。

【0017】次にエバネッセント光マスクとレジスト/基板の密着方法の詳細について説明する。

【0018】エバネッセント光マスク106の表面と基板108上のレジスト107面がともに完全に平坦であれば、両者を全面にわたって密着させることが可能である。しかしながら実際にはマスク面やレジスト/基板面には凹凸やうねりが存在するため、単純に両者を近づけ接触させるだけだと密着部分と非密着部分が混在する状態となる。

【0019】このため本実施例ではエバネッセント光マスク106の裏面から表側の面方向に向かって圧力を印加してエバネッセント光マスク106に弾性変形による撓みを生じさせ、該マスク106をレジスト107/基板108へ押し付けることにより、両者を全面にわたって密着させることを特徴としている。

【0020】圧力を印加する実施例1が図1で、エバネッセント光マスク106の裏面側が与圧容器105内に面し、与圧容器内に高圧ガスが導入されて与圧容器内を外気圧より高い圧力にしている。これによりエバネッセント光マスク106とレジスト107/基板108が全面にわたって均一な圧力で密着される。

【0021】密着状態の調整は与圧容器内の圧力調整によって行なわれ、エバネッセント光マスク106とレジスト107/基板108の間に働く押し付け力、即ち、両者の密着力が制御される。マスク面やレジスト/基板

面の凹凸やうねりがやや大きいときには与圧容器内の圧力を高めに設定して密着力を増大させ、凹凸やうねりによるマスク面とレジスト/基板面との間隔ばらつきをなくすることができる。

【0022】逆にエバネッセント光マスクの表側の面及びレジスト/基板を減圧容器内に配置する構成もある。この場合には減圧容器内より高い外気圧との圧力差によりエバネッセント光マスクの裏面側から表面側に圧力がかかり、エバネッセント光マスクとレジストの密着性を高めることができる。マスク面やレジスト/基板面の凹凸やうねりがやや大きいときには、減圧容器内の圧力を低めに設定して密着力を増大させ、マスク面とレジスト/基板面の間隔ばらつきをなくすることができる。

【0023】以上のように実施例1では密着性を良くするために、エバネッセント光マスクの表面側に比べ裏面側が高い圧力となるような圧力差を設けて密着性を向上させ、エバネッセント光を用いた露光を可能としている。

【0024】図5に示す実施例2は上記圧力印加方法として静電力を用いたものである。同図に示された電圧印加手段503はエバネッセント光マスク501と基板502との間に電圧を印加し、両者の間に静電力を発生させている。該静電力による引力がエバネッセント光マスク501と基板502を密着させる。エバネッセント光マスク501とレジスト107/基板502との間の密着力の調節は、印加電圧の値の制御によって行なうことができる。

【0025】図2は本発明で用いるエバネッセント光マスクの構成である。図2(A)はマスクの表側の面から転写パターンを見た図、図2(B)は断面図である。エバネッセント光マスクは0.1~100 $\mu$ mの膜厚の薄膜からなるマスク母材201上に設けた10~100nmの膜厚の金属薄膜に、100nm以下の幅の微小開口パターン203を形成したものである。マスク母材201はSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>やSiO<sub>2</sub>等、マスク面の法線方向に弾性変形による撓みを生じることが可能な弾性体で、露光波長において透明な材料を選択する。

【0026】マスク母材の厚さは薄いほど弾性変形しやすく、レジスト/基板表面のより細かな大きさの凹凸やうねりにならうような弾性変形が可能であるため、密着性が増す。しかしながら、一方、露光面積に対して薄過ぎるとマスクとしての強度が不足したり、密着露光を行なった後、レジスト/基板に吸着して離れなくなる不都合が生じる。このためマスク母材201の厚さは0.1~100 $\mu$ mの範囲にあることが望ましい。

【0027】金属薄膜202については、マスク上の微小開口パターンから滲み出すエバネッセント光強度をなるべく大きくするため、微小開口のマスク面の法線方向の長さは小さくする必要がある。このためには金属薄膜202の厚さはなるべく薄いことが好ましい。しかしな

がら、一方、金属薄膜202があまり薄いと金属薄膜202が連続膜とならず、微小開口以外のところからの光が漏れてしまう不都合が生じる。このため金属薄膜202の厚さは10~100nmの範囲にあることが好ましい。

【0028】エバネッセント光マスクに要求される他の性能に平坦性がある。レジスト/基板に密着する側の金属薄膜202表面が平坦でない、マスクとレジスト/基板がうまく密着せず、露光むらを生じてしまう。このため、金属薄膜202表面の凹凸の大きさは、望ましくは10nm以下、少なくとも100nm以下の極めて平坦なものである必要がある。平坦性に関しては前述のマスク母材201で例にあげたSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>やSiO<sub>2</sub>等を用いて達成することができる。

【0029】エバネッセント光マスクを用いて露光する場合、マスクの表側の面に形成される微小開口パターンの幅は露光に用いる光の波長より小さい必要があり、レジストに転写する所望のパターン露光幅、具体的には1~100nmの範囲から選択される。

【0030】微小開口パターンの幅が100nm以上になると、本発明で用いるエバネッセント光ばかりでなく強度的により大きな直接光がマスクを透過し、パターンにより光量レベルが大きく異なるため好ましくない。また1nm以下の場合、露光は不可能ではないが、マスクから滲み出すエバネッセント光強度が極めて小さくなり、露光に長時間を要するので実用的でない。従って、本発明では露光に直接光は使用せず、エバネッセント光のみを用いることが特徴の一つである。

【0031】なお、微小開口パターンの幅は100nm以下とすることが必要であるが、長手方向の長さに関しては制限がなく、自由なパターンが選択できる。図2(A)では一例としてカギ型のパターンを示したが、この他にS字パターンの様に任意のパターンが適用できる。

【0032】図3はエバネッセント光マスク作製の詳細を示したものである。図3(A)は第1段階を示すもので、両面研磨された厚さ500 $\mu$ mのSi(111)基板301にLP-CVD法で表側となる面(図3(A)の上側)及び裏面(図3(A)の下側)双方に膜厚2 $\mu$ mのSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜302、303を成膜する。その後、表側となる面のSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜302上に蒸着法でCr薄膜304を膜厚10nmで成膜する。

【0033】第2段階では図3(B)に示す様に表面に電子線レジスト305を塗布し、電子線ビーム306で10nm幅の描画パターン307を露光する。露光された電子線レジストの現像を行なった後、CC14でドライエッチングを行ない、Cr薄膜304に微小開口パターン308を形成する。さらに裏面側のSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜303にエッチング用の窓を形成したのが図3(C)である。

10

20

30

40

50

【0034】続いて図3(D)に示す用にSi基板301に対しKOHを用いて裏面から異方性エッチングを行なうと薄膜状のマスキング309が形成される。最後にマスク支持部材310に接着して完成した状態が図3(E)である。

【0035】本発明のエバネッセント光を用いた露光装置の被加工用の基板108にはSi、GaAs、InP等の半導体基板や、ガラス、石英、BN等の絶縁性基板、あるいはこれらの基板上に金属、酸化物、窒化物等を成膜したものなど、広い範囲のものをを用いることができる。ただし、本発明の露光方法及び露光装置では、エバネッセント光マスクとレジスト/基板を露光領域全域にわたって望ましくは10nm以下、少なくとも100nm以下の間隔になるよう密着させることが重要である。このため、基板にはなるべく平坦なものを選択する必要がある。

【0036】同様に、本発明で用いられるレジストの形状も表面の凹凸が小さく平坦である必要がある。エバネッセント光マスクからしみ出した光はマスクからの距離が遠ざかるにつれ指数関数的に減少するため、レジストを100nm以上の深いところまで露光することが困難である。またエバネッセント光はレジストの中で散乱されるように広がるため、露光パターン幅が広がることを考慮すると、レジストの厚さは少なくとも100nm以下で、さらにできるだけ薄くする必要がある。

【0037】以上より、レジスト材料およびコーティング方法にの選択に当たっては、膜厚及びレジスト表面の凹凸の大きさが望ましくは10nm以下、少なくとも100nm以下の値が達成できるよう、極めて平坦な値を達成できる条件を選択する必要がある。一つの例としては、普通用いられる光レジスト材料をなるべく粘性が低くなる溶媒に溶かし、スピコートで薄く、且つ均一な厚さになるようコーティングする方法をあげることができる。

【0038】また、他の光レジスト材料及びコーティング法の実施例として、一分子中に疎水基、親水基、官能基を有する両親媒性光レジスト材料分子を水面上に並べた単分子膜を所定の回数、基板上にすくいこみ、基板上に単分子膜の累積膜を形成するラングミュアー・プロジェット法(LB法)を用いることもできる。

【0039】また、溶媒中や気相中で基板に対して分子層だけで物理吸着あるいは化学結合することにより、基板上に光レジスト材料の単分子膜を形成する自己配向単分子膜形成法(SAM法)を用いても良い。

【0040】これらのコーティング法のうち、LB法やSAM法は極めて薄いレジスト膜を均一な厚さで、しかも表面の平坦性良く形成することができるため本発明のエバネッセント光を用いた露光に適した光レジスト材料のコーティング法といえる。

【0041】エバネッセント光を用いた露光においては

露光時、露光領域全面にわたってエバネッセント光マスク106とレジスト107/基板108の間隔を少なくとも100nm以下で、しかもばらつきなく一定に保つ必要がある。このためエバネッセント光露光に用いる基板としては、他のリソグラフィプロセスを経て既に基板上に100nm以上の凹凸のあるパターンが形成されているものは好ましくない。

【0042】従ってエバネッセント光露光の対象としては、他のプロセスの影響をあまり経ていない、例えばプロセスの初期段階のできるだけ平坦な基板が望ましい。エバネッセント光露光プロセスを他のリソグラフィプロセスと組み合わせる場合も、エバネッセント光露光プロセスはできるだけ初めに行なうことが望ましい。

【0043】また図4でエバネッセント光マスク上の微小開口404からしみ出すエバネッセント光405の強度は、微小開口404の大きさによって異なる。従って微小開口の大きさがまちまちであるとレジスト406に対する露光の程度にばらつきが生じ、均一なパターン形成が難しくなる。均一性の問題を避けるためには、一回のエバネッセント光露光プロセスで用いるエバネッセント光マスク上の微小開口パターンの幅を揃える必要がある。

【0044】以上の説明では基板全面に対応するエバネッセント光マスクで、基板全面に一括でエバネッセント光露光をする装置について説明したが、本発明の概念はこれに限定されるものでない。本発明は基板より小さなエバネッセント光マスクを用い、基板の一部分に対するエバネッセント光露光を基板上の位置を変えて繰り返し行なうステップアンドリビート方式の装置にも同様に適用できる。

【0045】

【発明の効果】以上説明したように、本発明では100nm以下の幅の微小開口パターンを有するマスクを弾性体で構成し、該マスクを弾性変形させてレジスト/基板に密着させて微小開口パターンからしみ出るエバネッセント光によりレジストを露光することにより、100nm以下のパターンをマスク全面にわたってむらなく、基板に一括またはステップアンドリビートしながら転写することが可能となった。

【0046】本発明では直接光を使用せず、全てエバネッセント光で露光するため、露光光の波長よりも細かいパターンを効率良く、同一条件で露光することができる。また薄いマスク厚で弾性変形を用いているため、密着性が良いにもかかわらず、レジストを押しつぶすこともなく良好なパターンを形成できる。

【0047】さらに工程によって本発明の露光法を使い分けることによって、被露光対象である基板の状態に応じて最適な露光法を選択することを可能とした。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施例1のエバネッセント光露光装

置を示す図、

【図2】 本発明のエバネッセント光マスクの構成を示す図、

【図3】 エバネッセント光マスクの作製法を示す図、

【図4】 エバネッセント光による露光原理の説明図、

【図5】 本発明の実施例2のエバネッセント光露光装置を示す図

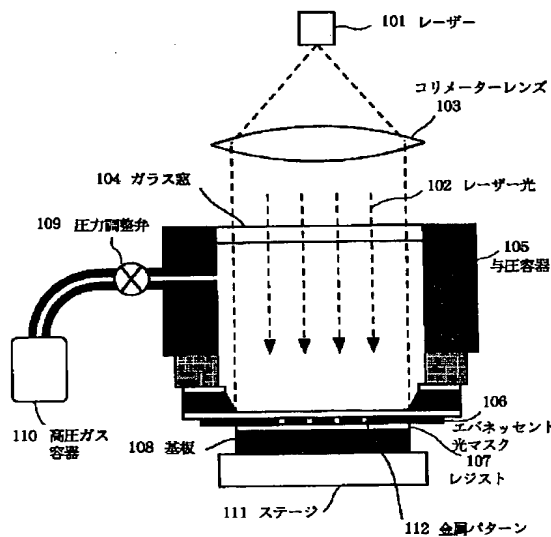
【符号の説明】

101 レーザー  
102 レーザー光  
103 コリメーターレンズ  
104 ガラス窓  
105 与圧容器  
106 エバネッセント光マスク  
107 レジスト  
108 基板  
109 与圧調整弁  
110 高圧ガス  
111 ステージ  
112 金属パターン  
201 マスク母材

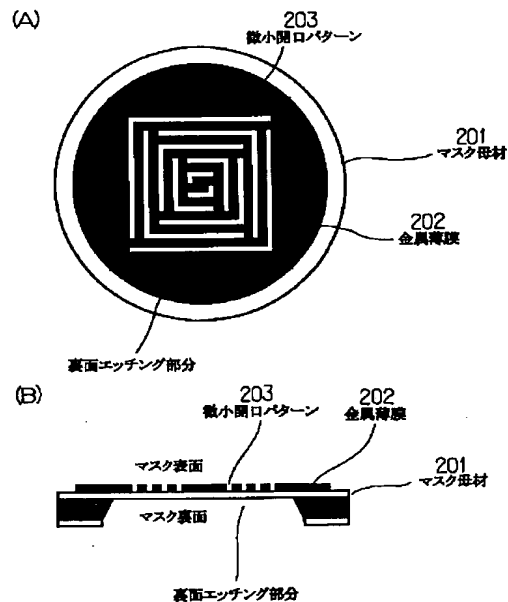
\* 202 金属薄膜  
203 微小開口パターン  
301 Si(111)基板  
302, 303 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>薄膜  
304 Cr薄膜  
305 電子線レジスト  
306 電子線ビーム  
307 描画パターン  
308 微小開口パターン  
309 薄膜状のマスク  
310 マスク支持部材  
401 マスク母材  
402 レーザー光  
403 金属パターン  
404 微小開口  
405 エバネッセント光  
406 レジスト  
407 基板  
501 エバネッセント光マスク  
502 基板  
503 電圧印加手段

\*

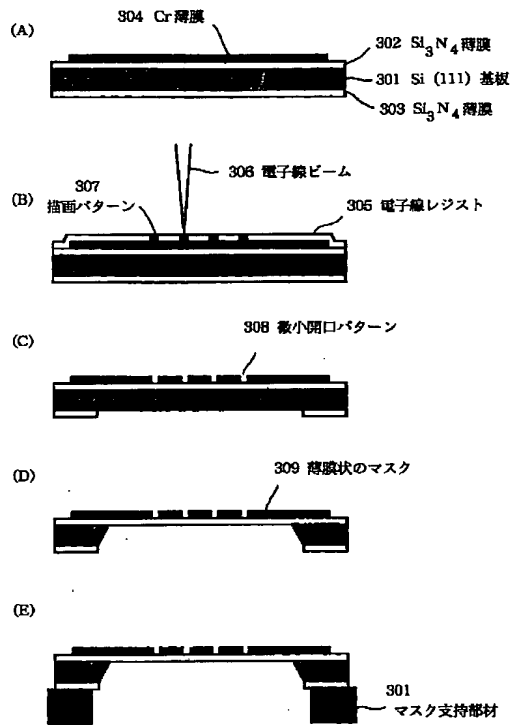
【図1】



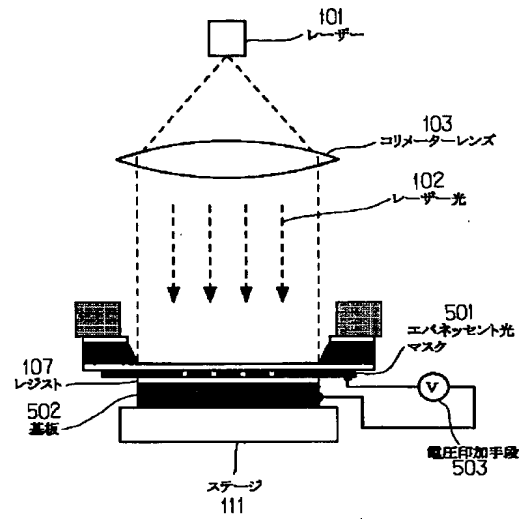
【図2】



【図3】



【図5】



【図4】

